




## Torque sensor

**Patent number:** DE3706719  
**Publication date:** 1987-09-10  
**Inventor:** YAGI TORU (JP); TAKAHASHI TSUNEO (JP); NISHIGUCHI MASAYUKI (JP)  
**Applicant:** HONDA MOTOR CO LTD (JP)  
**Classification:**  
 - international: G01L3/10  
 - european: G01L3/10A2  
**Application number:** DE19873706719 19870302  
**Priority number(s):** JP19860044255 19860303;  
 JP19860044256 19860303;  
 JP19860044257 19860303;  
 JP19860044258 19860303;  
 JP19860044259 19860303

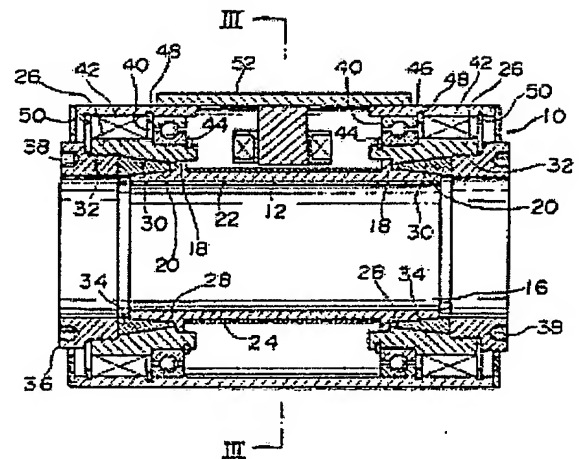
### Also published as:

 US4908932 (A)  
 US4817444 (A)  
 GB2187557 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE3706719  
 Abstract of correspondent: **US4817444**

A torque sensor comprising a magnetic member whose magnetostrictive characteristics vary with the amount of torque applied thereto and coils for detecting magnetostrictive variation disposed opposite the magnetic member, and a method of manufacturing the same. The torque sensor is constituted as an independent unit separate from the shaft whose torque is to be measured. The independent unit consists of a cylindrical member having the magnetic member attached thereto and an enclosure member which is provided with the coils and is mounted so as to cover the cylindrical member and be rotatable about the same axis as the cylindrical member. The method of manufacturing the torque member comprises the steps of first copper plating and then solder plating a torque transmission member and a magnetic member destined to be attached to the outer circumference of the torque transmission member, and solder-bonding the torque transmission member and the magnetic member by heating



THIS PAGE BLANK (USPTO)

them while uniform pressure is being applied to the entirety of the wrapped region.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 37 06 719 A1

⑤1 Int. Cl. 4:  
G01L 3/10

②1 Aktenzeichen: P 37 06 719.2  
②2 Anmeldetag: 2. 3. 87  
④3 Offenlegungstag: 10. 9. 87

Behördenamt

DE 3706719 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

03.03.86 JP P 61-44255 03.03.86 JP P 61-44256  
03.03.86 JP P 61-44257 03.03.86 JP P 61-44258  
03.03.86 JP P 61-44259

⑦1 Anmelder:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.  
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,  
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,  
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:

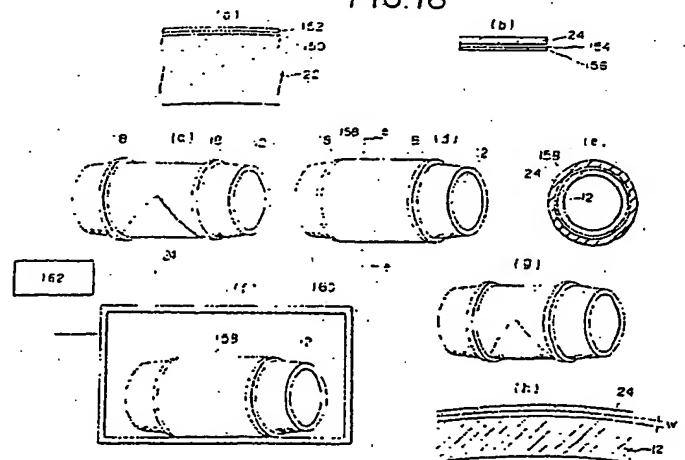
Yagi, Toru; Takahashi, Tsuneo; Nishiguchi,  
Masayuki, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Drehmomentsensor und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Drehmomentsensor 10 mit einem magnetischen Teil 24, dessen magnetostruktive Charakteristiken sich mit der Größe eines angelegten Drehmomentes ändern, und mit Spulen 70, 74 zur Ermittlung der magnetostruktiven Änderung, die an dem magnetischen Teil 24 angeordnet sind. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Drehmomentsensors 10. Der Drehmomentsensor 10 weist die Form einer unabhängigen Einheit auf, die von der Welle 14, deren Drehmoment gemessen werden soll, getrennt ist. Die unabhängige Einheit besteht aus einem zylindrischen Teil 12, an dem das magnetische Teil 24 befestigt ist, und einem Umhüllungsteil 46, das die Spulen 70, 74 aufweist und so montiert ist, daß es das zylindrische Teil 12 überdeckt und um dieselbe Achse wie das zylindrische Teil 12 drehbar ist. Beim Verfahren zur Herstellung des Drehmomentwandlers 10 werden zunächst ein das Drehmoment übertragendes Teil 12 und ein magnetisches Teil 24, das am Außenumfang des das Drehmoment übertragende Teil 12 befestigt werden soll, verkupfert und danach mit einer Lötmetallschicht versehen. Anschließend wird das magnetische Teil 24 auf das das Drehmoment übertragende Teil 12 gewickelt. Es erfolgt dann ein Verlöten des das Drehmoment übertragenden Teiles 12 und des magnetischen Teiles 24 durch Erhitzen dieser Teile, während ein gleichförmiger Druck auf den ganzen gewickelten Bereich ausgeübt wird.

FIG. 16



DE 3706719 A1

## Patentansprüche

1. Drehmomentsensor mit einem magnetischen Teil (24), dessen magnetostriktive Charakteristiken sich mit der Größe des an das magnetische Teil (24) angelegten Drehmomentes ändern und mit Spulen (70, 74) zur Ermittlung der magnetostriktiven Änderung, die gegenüber dem magnetischen Teil (24) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß er als eine unabhängige Einheit getrennt von der Welle (14), deren Drehmoment gemessen werden soll, aufgebaut ist. 5
2. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unabhängige Einheit ein zylindrisches Teil (12), das an der Welle (14) montierbar ist und an dessen zylinderförmiger Fläche (22) das magnetische Teil (24) befestigt ist, aufweist, und daß ein Umhüllungsteil (46), an dessen innerer zylinderförmiger Fläche die Spulen (70, 74) gegenüber der Außenfläche des zylindrischen Teiles (12) befestigt sind, so montiert ist, daß es um dieselbe Achse wie die Achse des zylindrischen Teiles (12) drehbar ist und das an dem zylindrischen Teil (12) befestigte magnetische Teil (24) überdeckt. 15
3. Drehmomentsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Umhüllungsteil (46) eine Öffnung aufweist, die durch einen Deckel (52) offenbar und verschließbar ist, und daß die Spulen (70, 74) an der Innenfläche des Deckels (52) montiert sind. 20
4. Drehmomentsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zylindrische Teil (12) außerdem an jeder Seite der Fläche (22) zur Befestigung des magnetischen Teiles (24) eine Positionsführung (18) für die Befestigung aufweist. 25
5. Drehmomentsensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsführungen Flansche (18) bilden. 30
6. Drehmomentsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das an dem zylindrischen Teil (12) befestigte magnetische Teil (24) eine Mehrzahl von Schlitten (98) aufweist, die in Bezug auf die Achse des zylinderförmigen Teiles (12) unter einem Winkel angeordnet sind. 35
7. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unabhängige Einheit ein an der Welle (14) mit der Hilfe einer Montageeinrichtung (34) montierbares zylinderförmiges Teil (12) aufweist, und daß das magnetische Teil (24) an der zylindrischen Fläche (22) des zylindrischen Teiles (12) befestigt ist, und daß ein Umhüllungsteil (46), an dessen innerer zylindrischer Fläche Spulen (70, 74) gegenüber der Außenfläche des zylindrischen Teiles (12) befestigt sind, derart montiert ist, daß es um dieselbe Achse wie diejenige des zylindrischen Teiles (12) drehbar ist und das an dem zylindrischen Teil (12) befestigte magnetische Teil (24) überdeckt. 45
8. Drehmomentsensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Montageeinrichtung wenigstens ein keilförmiger, sich verjüngender Ring (34) vorgesehen ist. 50
9. Drehmomentsensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der sich verjüngende Ring (34) wenigstens einen Schlitz (86) aufweist, der in seiner axialen Richtung verläuft. 55
10. Drehmomentsensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Montageeinrichtung aus

einer Mehrzahl von keilförmigen, sich verjüngenden Ringen (106, 116) besteht.

11. Drehmomentwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unabhängige Einheit ein an der Welle (14) durch eine Entfernungseinrichtung (114) befestigbares zylinderförmiges Teil (12) aufweist, an dessen zylindrischer Fläche das magnetische Teil (24) befestigt ist, und daß ein Umhüllungsteil (46), an dessen innerer zylindrischer Fläche Spulen (70, 74) gegenüber der Außenfläche des zylindrischen Teiles (12) befestigt sind, derart montiert ist, daß es um dieselbe Achse wie die Achse des zylindrischen Teiles (12) drehbar ist und das an dem zylindrischen Teil (12) befestigte magnetische Teil (24) überdeckt.

12. Drehmomentsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernungseinrichtung aus einem oder mehreren Gewindelöchern (126) besteht, die durch den keilförmigen, sich verjüngenden Ring (114 oder 120) zur Montage des zylindrischen Teiles (12) an der Welle (14), deren Drehmoment gemessen werden soll, verlaufen und eine oder mehrere Schrauben (128) aufweist, die in die Gewindelöcher (126) eingreifen.

13. Drehmomentsensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der keilförmige, sich verjüngende Ring (134, 142) aus einer Mehrzahl von Segmenten gebildet ist, von denen jedes wenigstens ein Gewindeloch (140) aufweist.

14. Drehmomentsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unabhängige Einheit ein Umhüllungsteil (46), an dessen innerer zylinderförmiger Fläche eine Erregerspule (70) und zwei Detektorspulen (74) gegenüber der Außenfläche eines das Drehmoment übertragenden Teiles (12), an dem das magnetische Teil (24) befestigt ist, aufweist, das so montiert ist, daß es um dieselbe Achse wie diejenige des Teiles (12) zur Übertragung des Drehmomentes drehbar ist, und das an dem Teil (12) zur Übertragung des Drehmomentes befestigte magnetische Teil (24) überdeckt, und daß die Spulen (70, 74) gegenüber dem an dem Teil (12) zur Übertragung des Drehmomentes befestigten magnetischen Körper (24) angeordnet und so positioniert sind, daß die magnetischen Flußwege (90), die sie verbinden, eine maximale Änderung der Permeabilität bewirken.

15. Drehmomentsensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das an dem Teil (12) zur Übertragung des Drehmomentes befestigte magnetische Teil (24) außerdem eine Mehrzahl von Schlitten (98) aufweist, die in Richtungen verlaufen, die eine maximale Änderung der Permeabilität bewirken.

16. Drehmomentsensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Teil zur Übertragung des Drehmomentes ein zylindrisches Teil (12) ist, das an der Welle (14), deren Drehmoment gemessen werden soll, montierbar ist und an dessen zylindrischer Außenfläche das magnetische Teil (24) befestigt ist.

17. Drehmomentsensor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Teil (24) aus einem amorphen, metallischen Material gebildet ist.

18. Verfahren zur Herstellung eines Drehmomentsensors, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- a) Plattieren bzw. Beschichten eines Teiles (12) zur Übertragung des Drehmomentes und eines magnetischen Teiles (24), das dazu bestimmt ist, an der Fläche des Teiles zur Übertragung des Drehmomentes befestigt zu werden, zuerst mit Kupfer und dann mit einem Lötmetall bzw. einem Lot;
- b) Aufwickeln des magnetischen Teiles (24) auf das Teil (12) zur Übertragung des Drehmomentes, und
- c) Verbinden des Teiles (12) zur Übertragung des Drehmomentes und des magnetischen Teiles (24) durch Löten, durch Erhitzen dieser Teile, während ein gleichförmiger Druck auf die Gesamtheit des umwickelten Bereiches ausgeübt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen bei einer Temperatur von nicht mehr als 300°C während einer Periode von 5 bis 10 min. ausgeführt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Teil (12) zur Übertragung des Drehmomentes ein von der Welle (14), deren Drehmoment gemessen werden soll, getrenntes Teil ist, das als ein zylinderförmiges Teil (12) auf der Welle (124) montierbar ist.

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Drehmomentsensor zur Ermittlung des Drehmomentes einer sich drehenden Welle. Insbesondere betrifft die Erfindung einen magnetostruktiven Drehmomentsensor zur Messung des Drehmomentes einer Antriebswelle, einer Steuerwelle oder einer anderen sich drehenden Welle eines Automobils und dergl. und ein Verfahren zur Herstellung des Drehmomentsensors.

Indirekt arbeitende Drehmomentsensoren, die das Drehmoment einer Welle dadurch messen, daß sie die Größe der Verdrehung in der Welle messen, können nicht ein statisches Drehmoment messen. Wegen dieser Unzulänglichkeit wurde kürzlich eine Anzahl von direkt arbeitenden Drehmomentsensoren eingeführt, die nach dem Prinzip der Magnetostruktion arbeiten. Beispielsweise ist in der japanischen Offenlegungsschrift 57 (1982)-2 11 030 ein solcher Drehmomentsensor beschrieben, bei dem ein bandähnlicher magnetostruktiver Streifen auf eine Welle gewickelt ist, deren Drehmoment gemessen werden soll. Ein ähnlicher Drehmomentsensor geht aus der japanischen Offenlegungsschrift 59 (1984)-1 66 828 hervor.

Die Struktur des in dieser Veröffentlichung beschriebenen Drehmomentsensor macht es erforderlich, daß ein magnetostruktives Teil (magnetisches Teil) direkt auf der Welle befestigt wird, deren Drehmoment gemessen werden soll, so daß die Welle selbst eine Komponente bzw. ein Bauteil des Drehmomentsensors wird. Dies ist aus verschiedenen Gründen nachteilig. Zuerst ist es während der Herstellung des Drehmomentsensors allgemein erforderlich, das magnetostruktive Teil an einer Welle einer beträchtlichen Länge, wie beispielsweise an einer Antriebswelle eines Automobils, zu befestigen, was schwierig ist, wenn eine hohe Positions- bzw. Lagegenauigkeit erreicht werden soll. Dann ist es, nachdem das magnetostruktive Teil an der Welle befestigt wurde, bis zu der Zeit, zu der die Welle in das Fahrzeug eingebaut wird, was beim Zusammenbau- bzw. Monta-

geprozeß im allgemeinen spät erfolgt, nötig, große Sorgfalt beim Transport und Lagern der das magnetostruktive Teil tragenden Welle zu entfalten, um das Teil vor einer Beschädigung und vor dem Anhaften von Staub oder dergl. zu schützen. Das Erfordernis dieser Vorkehrungen kompliziert den Gesamtprozeß der Montage der Welle.

Außerdem kann der Sensor nicht ohne Montage der anderen Bauteile auf der Welle vervollständigt werden, weil die Welle, deren Drehmoment gemessen werden sollte, als ein Bauteil im Sensor enthalten ist. Es ist daher nicht möglich, den Spalt zwischen dem magnetostruktiven Teil und den zugeordneten Spulen einzustellen, bevor die Montage ausgeführt wird. Ein anderer Nachteil entsteht aus der Tatsache, daß von den Antriebswellen und anderen derartigen Automobilteilen nur gefordert wird, daß sie eine angemessene Festigkeit aufweisen und daß nicht gefordert wird, daß sie eine hohe Abmessungsgenauigkeit besitzen. Aus diesem Grunde wird es erforderlich, spezielle, getrennte Einstelleinrichtungen zur Einstellung des Spaltes zu verwenden, was zu weiteren Nachteilen im Hinblick auf die Inventarkontrolle, die Ausführungs- bzw. Leistungskontrolle, die Wartung und dergl. führt.

Außerdem muß eine besondere Sorgfalt während des Zusammenbaus und der Montage aufgewendet werden, weil der Aufbau so ist, daß die Spule und die anderen Bauteile, die relativ empfindlich in Bezug auf Beschädigungen durch mechanische Stöße sind, von außen nicht einfach entfernt werden können. Dieser Aufbau ist auch im Hinblick auf die Wartung nachteilig.

Bei dem herkömmlichen magnetostruktiven Drehmomentsensor ist es außerdem notwendig, daß ein magnetisches Material mit Magnetostruktion (z.B. ein magnetischer, amorpher Film) an dem Außenumfang des das Drehmoment übertragenden Teiles oder der Welle befestigt wird. In diesem Falle kann dann, wenn ein großer Spalt zwischen dem das Drehmoment übertragenden Teil und dem daran befestigten magnetischen Teil besteht, ein Meßfehler entstehen, der auf den Schlupf zwischen diesen beiden Teilen zurückzuführen ist, während auch nachteilige Sprünge bzw. Risse und andere Formen physikalischer Verschlechterungen beim längeren Gebrauch wahrscheinlich entstehen können. Dadurch wird die Lebensdauer des Sensors verkürzt. Es ist deshalb notwendig geworden, jedwede Anstrengung zu unternehmen, um die Größe des Spaltes zwischen dem das Drehmoment übertragenden Teil und dem magnetischen Teil zur Zeit der Befestigung so klein wie möglich zu machen. In der japanischen Offenlegungsschrift 57 (1982)-2 11 030 und anderswo sind Verfahren, mit denen dieses Problem gelöst werden soll, beschrieben. Bei einem Verfahren wird das gesamte magnetische Teil unter Anwendung eines Kunstharz-Bindemittels formverbunden, während ein Befestigungsverfahren durch Hitzeschmelzung eine Punktschweißung oder dergleichen beinhaltet. Ein mechanisches Befestigungsverfahren beinhaltet die Verwendung von Bändern oder dergl. und bei einem anderen Verfahren folgt auf eine Kupferplattierung eine Befestigung mit einem Lötmetall. Das zuerst genannte Verfahren, bei dem eine Harzverbindung vorgenommen wird, weist Probleme im Hinblick auf die Hitzebeständigkeit wie auch im Hinblick auf die Haltbarkeit bei einer langen Benutzung auf. Das Verfahren mit der Hitzeschmelzung (Schweißung) kann nicht zweckmäßig bei einem magnetischen, amorphen Teil angewendet werden, weil die Charakteristiken von amorphen Materialien durch Hitze leicht verschlechtert

werden. Was das dritte genannte mechanische Befestigungsverfahren anbelangt, so kann dieses zu keiner zuverlässigen Befestigung über der gesamten Befestigungsfläche führen. Während das zuletzt genannte Verfahren, bei dem die Befestigung mit einem Lötmittel erfolgt, die beste Möglichkeit darstellt, ist es im Hinblick auf die Lebensdauer ungeeignet.

Im Zusammenhang mit den zuvor genannten Nachteilen herkömmlicher Drehmomentsensoren besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Drehmomentsensor zu schaffen, der als eine unabhängige Einheit von der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, getrennt aufgebaut wird, und in dem die Welle nicht als ein Bauteil des Drehmomentsensors enthalten ist.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Drehmomentsensors anzugeben, bei dem ein magnetisches Teil sicher an einem des Drehmoment übertragenden Teiles oder an einer Welle befestigt wird, wobei der Spalt zwischen den beiden Teilen auf einem absoluten Minimum gehalten wird, eine Verschlechterung des magnetischen Teiles durch Hitze während der Befestigungsoperation vermieden wird und eine hohe Haltbarkeit bzw. Lebensdauer während eines verlängerten Gebrauches sichergestellt wird.

Zur Lösung dieser Aufgaben schafft die vorliegende Erfindung einen Drehmomentsensor mit einem magnetischen Teil, dessen magnetostriktiven Charakteristiken sich mit der Größe des auf das magnetische Teil ausgeübten Drehmomentes ändern, und mit Spulen zur Ermittlung der magnetostriktiven Änderung, die gegenüber dem magnetischen Teil angeordnet sind. Dabei wird der Drehmomentsensor als eine unabhängige Einheit von der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, getrennt gebildet. Die unabhängige Einheit besteht aus einem zylindrischen Teil, das frei auf der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, montiert werden kann und von dieser Welle entfernt werden kann und an dessen Oberfläche das magnetische Teil befestigt ist, und aus einem Umhüllungsteil, das das zylinderförmige Teil umgibt, und an dem die Spulen befestigt sind.

Die Erfindung löst die zuvor genannten Aufgaben außerdem durch ein Verfahren zur Herstellung eines Drehmomentsensors, das die folgenden Schritte aufweist:

- a) Getrenntes Kupferplattieren bzw. Verkupfern eines des Drehmoment übertragenden Teiles und eines magnetischen Teiles, das an Umfang des das Drehmoment übertragenden Teiles befestigt werden soll,
- b) Lötmetallplattieren bzw. Aufbringen eines Lötmetalls auf die verkupferten Teile,
- c) Aufwickeln des magnetischen Teiles auf das das Drehmoment übertragende Teil, und
- d) Verbinden des Lötmetalles der beiden Teile durch eine Hitzeanwendung über dem gesamten umwickelten Bereich, während gleichzeitig auf diesen ein gleichmäßiger Druck ausgeübt wird.

Die oben genannten Merkmale und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung und den Figuren hervor. Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie 2-2 der Fig. 1;

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie 3-3 der Fig. 2;

Fig. 4 eine erläuternde Darstellung, die zeigt, wie die Spulen an der Innenfläche eines Deckels befestigt sind;

Fig. 5 eine erläuternde Darstellung, die das Verfahren zur Befestigung des Drehmomentsensors an einer Welle zeigt, deren Drehmoment gemessen werden soll;

Fig. 6 eine erläuternde Darstellung, die in einem zylinderförmigen Teil und einem sich verjüngenden Ring ausgebildete Schlitze zeigt;

Fig. 7 eine erläuternde Darstellung, die die Anordnung bzw. Positionen der Spulen zeigt;

Fig. 8 ein Blockschaltbild, das die Detektoroperation des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors zeigt;

Fig. 9 eine erläuternde Darstellung, die die Schritte zur Herstellung eines magnetischen, amorphen Filmes zeigt;

Fig. 10 einen magnetischen, amorphen Film gemäß einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors;

Fig. 11 ein Diagramm, das die Ergebnisse eines Testes zeigt, bei dem die zweite Ausführungsform mit einem herkömmlichen Drehmomentsensor verglichen wurde;

Fig. 12 einen magnetischen, amorphen Film gemäß einer weiteren Modifikation;

Fig. 13 eine erläuternde Darstellung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors;

Fig. 14 eine erläuternde Darstellung einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors;

Fig. 15 eine erläuternde Darstellung einer fünften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors; und

Fig. 16 eine erläuternde Darstellung, die das Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors zeigt.

Zunächst wird im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 9 eine erste Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Wie dies dargestellt ist, weist ein Drehmomentsensor 10 ein zylindrisches Teil 12 auf. Bei der dargestellten Ausführungsform weist das zylindrische Teil 12 im wesentlichen die Form eines echten Zylinders mit einem kreisförmigen Querschnitt und einem Loch bzw. einer Bohrung 16 auf, deren Durchmesser geringfügig größer ist als der Durchmesser einer Welle 14, deren Drehmoment gemessen werden soll. Die Bohrung 16 verläuft entlang der gesamten Länge des zylindrischen Teiles 12. Die Anordnung ist so beschaffen, daß die Welle 14 in die Bohrung 16 eingesetzt werden kann, woraufhin das zylindrische Teil 12 an der Welle 14 in der später näher erläuterten Weise befestigt werden kann. Das zylindrische Teil 12 weist Flansche 18, 18' auf, die in der Form von ringförmigen Vorsprüngen in der Nähe jedes Endes vorgesehen sind. Der Bereich des zylindrischen Teiles 12 zwischen jedem Flansch 18 und dem näherliegenden freien Ende ist als konischer bzw. sich verjüngender Bereich 20, 20' ausgebildet. Der Bereich des zylindrischen Teiles 12 zwischen den Flanschen 18, 18' bildet einen zylindrischen Bereich 22 mit einem konstanten Durchmesser entlang seiner ganzen Länge. Der zylindrische Bereich 22 weist einen magnetischen amorphen Film 24 auf, der an ihm durch Plattieren oder ein anderes Mittel befestigt ist.

Befestigungsringe 26, 26', deren Innendurchmesser größer ist als der Außendurchmesser des zylindrischen Teiles 12, sind auf das zylindrische Teil 12 von entgegengesetzten Enden desselben her aufgesetzt. Jeder Befestigungsring 26, 26' ist an einem Ende des zylindrischen Teiles 12 befestigt, und das andere Ende des zylindrischen Teiles 12 ist an dem anderen Ende des zylindrischen Teiles 12 befestigt.



stigungsring 26 weist eine Schulter 28 auf, die an einem zugeordneten Flansch 18 zur Anlage kommt, wodurch der Ring an dem zylindrischen Teil befestigt wird und wodurch verhindert wird, daß sich die Ringe aufeinander zubewegen. Die Innenfläche des Ringes 26 weist eine konische bzw. sich verjüngende Fläche 30 auf, die sich von der Schulter 28 aus nach außen bis zur Nähe des äußeren Endes des Ringes 26 erstreckt. Die sich verjüngende Fläche 30 ist entgegengesetzt zu dem sich verjüngenden Bereich 20 des zylindrischen Teiles 12 geneigt, so daß zwischen beiden eine V-förmige Vertiefung besteht. Der Bereich der Innenfläche des Ringes 26, der sich vom äußeren Ende der sich verjüngenden Fläche 30 nach außen erstreckt, ist mit einem Innengewinde 32 versehen. Ein konischer bzw. sich verjüngender Ring 34 mit einem keilförmigen Querschnitt ist in die V-förmige Vertiefung eingesetzt und ein mit einem Außengewinde versehener Halte- bzw. Sicherungsring 36 ist in den Gewindebereich 32 des Ringes 26 von außen her derart eingeschraubt, daß er an dem sich verjüngenden Ring 34 anliegt. Als Ergebnis wird, wenn sich der Halterring 36 weiter nach innen verschiebt, der sich verjüngende Ring 34 progressiv bzw. fortschreitend nach innen gedrückt, so daß die sich ergebende Keilwirkung bewirkt, daß der sich verjüngende Bereich 20 auf die Welle 14 aufgepreßt wird. Das zylindrische Teil wird daher auf der Welle befestigt, deren Drehmoment gemessen werden soll. In den Figuren bezeichnet das Bezugszeichen 38 Löcher zum Einführen eines Werkzeuges, die in den Halteringen 36 ausgebildet sind und das Einführen des Werkzeuges ermöglichen, das zum Einschrauben der Halteringe verwendet wird.

Auf den Außenumfang jedes der Befestigungsringe 26 ist durch Einbettung ein Lager 40 aufgesetzt und unmittelbar außerhalb jedes der Lager 40 ist eine Ölabdichtung 42 angeordnet. Das Bezugszeichen 44 bezeichnet einen Ring, der eingesetzt ist, um eine seitliche Bewegung des Lagers 40 zu verhindern.

Außerhalb der Lager 40 ist ein Umhüllungsteil 46 vorgesehen, das als eine äußere Abdeckung der Einheit dient. Wenn das Umhüllungsteil 46 über die Lager 40 an die Befestigungsringe 26 und das zylindrische Teil 12 gekoppelt wird, kann es sich unabhängig von den Befestigungsringen 26 und dem zylindrischen Teil 12 drehen, so daß das Umhüllungsteil 46 dann, wenn sich das zylindrische Teil 12 dreht (zusammen mit der Welle 14) stationär bleiben kann, was bedeutet, daß verhindert werden kann, daß sich das Teil 46 zusammen mit dem zylindrischen Teil und der Welle dreht. Die Bezugszeichen 48 und 50 bezeichnen Ringe, die durch Einbettung in das Umhüllungsteil 46 eingesetzt sind, um eine seitliche Verschiebung der Lager usw. zu verhindern.

Wie dies am besten in der Fig. 3 dargestellt ist, weist das zylindrische Teil 46 eine zylindrische Innenfläche auf, wobei ein Bereich weggeschnitten ist, so daß eine Öffnung gebildet wird. Die Öffnung wird durch einen Deckel 52 verschlossen, der an dem Umhüllungsteil 46 durch Schrauben 54, 54 befestigt ist, die in mit Gewinde versehene Löcher durch Unterleg- bzw. Dichtungsscheiben 56 eingeschraubt sind, wobei die Löcher sowohl in dem Umhüllungsteil 46 als auch in dem Deckel selbst vorgesehen sind. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß der Deckel 52 alternativ auch in einer beliebigen anderen Weise befestigt sein kann, wobei die einzige Anforderung darin besteht, daß die Befestigungsart die Entfernung des Deckels 52 nach außen in der später erläuterten Weise ermöglicht. Ein Kern 58, der aus einem schicht- bzw. blattförmigen Material aus

Siliziumstahl besteht und von unten gesehen (siehe Fig. 4) jochähnlich beschaffen ist, ist an dem Deckel 52 mit der Hilfe von Stützen bzw. Trägern 60 in Verbindung mit Schrauben 62, Unterleg- bzw. Dichtungsscheiben 64 und Muttern 66 befestigt. Wie dies in der Fig. 3 dargestellt ist, ist der Stahlkern 58 so gebogen, daß seine Rückenfläche, die die Innenfläche des Deckels 52 berührt, denselben Krümmungsradius wie die Innenfläche des Deckels 52 aufweist. Als Ergebnis kann der Kern 58 mit einem engen Kontakt zur Innenfläche des Deckels 52 montiert werden, wodurch, wie dies später erläutert werden wird, die Ermöglichung der Sicherstellung, daß Spalte zwischen den Komponenten gleichförmig gehalten werden, unterstützt wird. Ein Magnetpol 68 ist vertikal in der Nähe der Mitte des jochförmigen Kernes 58 angeordnet und auf den Magnetpol ist eine Spule zur Bildung einer Erregerspule 70 aufgewickelt. Außerdem sind zwei Magnetpole 72, 72 in einer ähnlichen Weise an in Bezug auf den jochförmigen Kern 58 symmetrischen Positionen derart angeordnet, daß ein Pol 72 in der Nähe der Spitze bzw. des Endes jedes seiner Zweige angeordnet ist. Die Magnetpole sind in entgegengesetzte Wicklungsrichtungen mit Spulen bewickelt, so daß ein Paar von Detektorspulen 74, 74 gebildet wird. Die Bezugszeichen 76, 78 und 80 bezeichnen Anschlüsse der entsprechenden Spulen. Es sind daher die Spulen und alle anderen Komponenten, die im Hinblick auf Beschädigungen durch mechanische Stöße empfindlich sind, am Deckel 52 befestigt. Bei der Befestigung des Drehmomentsensors an der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, ist es daher möglich, zuerst die Haupteinheit des Drehmomentsensors an der Welle zu befestigen und dann, nach der Vollendung der Befestigung, den Deckel an der Haupteinheit von außen zu befestigen. Dieses Verfahren zur Montage des Drehmomentsensors führt zu einer verbesserten betrieblichen Wirksamkeit und erleichtert den Austausch der Spulen und die Ausführung anderer Wartungsarbeiten.

Als nächstes wird das Verfahren zur Befestigung des Drehmomentsensors an der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, erläutert, woraufhin eine Erläuterung des Verwendungsverfahrens folgt.

Wie dies in der Fig. 5 dargestellt ist, werden zur Befestigung des Drehmomentsensors 10 an der Welle 14 der Halterring 36 und der sich verjüngende Ring 34 über das Ende der Welle 14 in der genannten Reihenfolge gesetzt und wird dann das Ende der Welle 14 in die Bohrung 16 eingeführt. Danach wird der sich verjüngende Ring 34 entlang der Welle 14 geschoben und in die V-förmige Vertiefung zwischen dem sich verjüngenden Bereich 20 und der sich verjüngenden Fläche 30 eingeführt, woraufhin der Halterring 36 entlang der Welle 14 geschoben und dann in den Gewindebereich 32 eingeschraubt wird. Wie dies in der Fig. 6 dargestellt ist, kann diese Operation zweckdienlicherweise unter Verwendung eines Werkzeuges 82 ausgeführt werden, das Stifte 84, 84 aufweist, die in die Löcher 38 zum Einführen des Werkzeuges des Halteringes 36 passen. Wenn der Halterring 36 eingeschraubt wird, drückt er auf den sich verjüngenden Ring 34 und drückt diesen tiefer in die Vertiefung, wobei eine Keilwirkung auf den sich verjüngenden Bereich 20 des sich verjüngenden Teiles 2 hervorgerufen wird. Als Ergebnis wird der sich verjüngende Bereich 20 auf die Welle 14 aufgepreßt und so fest auf dieser befestigt, daß kein Schlupf zwischen dem zylindrischen Teil 12 und der Welle 14 auftreten kann. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß die Befestigungswirkung weiter dadurch vergrößert werden kann, daß sowohl der

sich verjüngende Bereich 20 als auch der sich verjüngende Ring 34 mit Schlitten 86, 86 versehen werden, wie dies in der Fig. 6 dargestellt ist, so daß die Verformung in der radialen Richtung erleichtert wird.

Wenn die Befestigung in dieser Weise ausgeführt wurde, wird jeder Betrag bzw. jede Größe eines auf die Welle 14 ausgeübten Drehmomentes auf das zylindrische Teil 12 als ein Drehmoment der identischen Größe übertragen. Die in dem magnetischen amorphen Film 24 in bekannter Weise hervorgerufenen Kompressions- bzw. Druckbeanspruchungen und Zugbeanspruchungen, die sich aus diesem Drehmoment ergeben, bewirken eine Magnetostriktion in dem Film 24. Dadurch, daß der magnetische, amorphe Film 24 einer Hitzebehandlung und dergl. in Anwesenheit eines magnetischen Feldes unterworfen wurde, wie dies in der Fig. 7 dargestellt ist, wurde auf den magnetischen, amorphen Film 24 eine uni- bzw. einaxiale magnetische Anisotropie 88 übertragen, die unter Winkeln von  $\pm 45^\circ$  in Bezug auf die Achse des zylindrischen Teiles 12 orientiert ist und hauptsächlich als Druck- und Zugbeanspruchung in Erscheinung tritt. Außerdem sind die zuvor genannten Spulen so angeordnet, daß die ihre Magnetpole verbindenden Linien ein rechtwinkliges, gleichschenkeliges Dreieck bilden, wobei der Pol 68 der Erregerspule 70 am obersten rechten Winkel angeordnet ist und die beiden Pole 72, 72 der beiden Detektorspulen 74 an den jeweiligen unteren  $45^\circ$ -Winkeln angeordnet sind, und wobei außerdem der Pol 68 der Erregerspule 70 an dem Verzweigungspunkt der zuvor genannten einaxialen magnetischen Anisotropie angeordnet ist. Als Ergebnis fallen die Flußwege 90 zwischen dem Pol 68 der Erregerspule und den entsprechenden Polen 72 der Detektorspulen mit den Richtungen der Anisotropie zusammen, so daß die Permeabilität zum Maximum ergänzt wird.

In dem in der zuvor beschriebenen Weise aufgebauten Drehmomentsensor können dann, wenn die Erregerspule 70 in der in der Fig. 8 dargestellten Weise dadurch erregt wird, daß an sie ein Strom von einer Wechselstromquelle 92 angelegt wird, die Detektorspulen 74, 74 jede Änderung der Permeabilität ermitteln, die sich aus einer Magnetostriktion ergibt, die durch die zuvor genannte Ausübung des Drehmomentes bewirkt wird. Die Detektorspulen 74, 74 können Ausgangssignale erzeugen, die der in ihnen induzierten elektromotorischen Kraft entsprechen. Es wird dann, wenn diese Ausgangssignale differential extrahiert, in einer geeigneten Weise durch einen Verstärker 94 verstärkt und durch einen Gleichrichter 96 gleichgerichtet werden, möglich, die Drehrichtung aus der Phase der Ausgangssignale und die Größe des Drehmomentes aus dem Wert der Ausgangssignale zu ermitteln. Da die ermittelten Ausgangssignale unter Anwendung einer Differentialverbindung bzw. einer Differenzschaltung extrahiert werden, hat die Welle 14 selbst dann keine Auswirkung auf die Meßergebnisse, wenn sie aus einem ferromagnetischen Material besteht.

Wie dies in der Fig. 9 dargestellt ist, wird ein pfeilförmiger oder rechtwinkliger Streifen in einer einzigen Stanzone unter Anwendung eines Schneidwerkzeuges 97 (Fig. 9a) aus einem breiten Blatt eines magnetischen, amorphen Filmes herausgeschnitten. Auf diese Weise wird der magnetische, amorphe Film 24 (Fig. 9b) hergestellt, der dann an dem zylindrischen Bereich 22 des zylindrischen Teiles 12 durch ein Plattierungsverfahren oder dergl. befestigt wird (Fig. 9c). Weil der zylindrische Bereich 22 die Flansche 18, 18 an seinen ent-

gegengesetzten Enden aufweist, können diese als Positionierungsführungen bei der Befestigung des magnetischen, amorphen Filmes 24 verwendet werden. Wenn daher der magnetische, amorphe Film 24 genau auf die vorbestimmte Breite geschnitten wird und wenn seine Befestigung unter Anwendung der Flansche als Positionierungsführungen ausgeführt wird, wird es möglich, den befestigten, magnetischen, amorphen Film genau an der vorbestimmten Position zu positionieren, wodurch nicht nur die betriebliche Wirksamkeit der Herstellungstätigkeit vergrößert wird, sondern auch die Meßgenauigkeit verbessert wird, weil dadurch sichergestellt wird, daß der Abstand zwischen dem magnetischen, amorphen Film und den Detektorspulen unter allen in dieser Weise hergestellten Drehmomentsensoren gleichmäßig wird.

Weil der erfindungsgemäße Drehmomentsensor als eine unabhängige Einheit realisiert wird, die die Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, nicht als eines ihrer Bestandteile verwendet, ist es lediglich erforderlich, den Drehmomentsensor so wie er ist an der Welle an einer geeigneten Stufe der Montageoperation des Fahrzeuges zu befestigen. Das zylindrische Teil, an dem der magnetische, amorphe Film befestigt ist, ist beträchtlich kürzer als eine Antriebswelle oder dergleichen. Aus diesem Grunde ist es daher sehr viel einfacher zu handhaben. Dies trägt auch deshalb zur Verbesserung der betrieblichen Wirksamkeit bei, weil seine Wärmekapazität klein ist. Außerdem führt die Tatsache, daß der magnetische, amorphe Film durch das Umhüllungsteil bedeckt und geschützt ist, zu einer zusätzlichen Vergrößerung der betrieblichen Wirksamkeit, weil weniger Sorgfalt erforderlich ist, um den Film vor einer Beschädigung und dem Anhaften von Staub und dergl. während des Transportes, der Lagerung und der Montage zu schützen. Die Tatsache, daß der Drehmomentsensor als eine unabhängige Einheit konstruiert ist, könnte dazu führen, daß Probleme entstehen, wenn seine Befestigung an der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, so wäre, daß ein Schlupf zwischen dem Sensor und der Welle auftreten könnte, weil es unter diesen Umständen nicht möglich wäre, eine genaue Ermittlung durchzuführen. Beim erfindungsgemäßen Drehmomentsensor treten jedoch solche Probleme in keiner Weise auf, weil er durch ein in hohem Maße zuverlässiges Befestigungsverfahren, das auf der Keilwirkung der sich verjüngenden Ringe beruht, befestigt wird. Da außerdem die Anzahl der eine genaue Positionierung in Bezug aufeinander erfordernden Teile so gering wie möglich gehalten ist, ist es nicht besonders schwierig im Verlaufe der Herstellung sicher zu stellen, daß die Positionen der Lager 40 und die Abmessungen des Umhüllungsteiles 46, des Deckels 52 und des Kernes 58 usw. in den vorgeschriebenen Toleranzen gehalten werden. Dies und die Wirkung, die erhalten wird, weil das zylindrische Teil und das Umhüllungsteil zylindrisch sind, ermöglichen es, daß der Spalt "d" (Fig. 3) zwischen den Spulen und der Fläche des befestigten, magnetischen, amorphen Filmes auf einer konstanten Größe gehalten wird. Dadurch wird das Erfordernis irgendeiner speziellen Einstellrichtung beseitigt und wird es möglich, einen kompakten, leichten und billigen Drehmomentsensor zu realisieren, eine Änderungen der Abmessungen zu verringern und daher die Veränderung der ermittelten Ausgangssignale unter verschiedenen Drehmomentsensoren, die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung hergestellt wurden, zu verringern.

Im folgenden werden nun weitere Ausführungsfor-

men des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors erläutert.

Die Fig. 10 zeigt einen magnetischen, amorphen Film, der bei einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors verwendet wird. Wie dies aus der entwickelten Darstellung des magnetischen, amorphen Filmes der Fig. 10a hervorgeht, weist der Film eine Mehrzahl von Schlitten 98 auf, die so orientiert sind, daß bei der Befestigung des magnetischen, amorphen Filmes an dem zylindrischen Teil 12 (Fig. 10b) die Schlitten 98 dieselben Winkel von  $\pm 45^\circ$  in Bezug auf die Achse des zylindrischen Teiles 12 aufweisen, wie die Linien der einaxialen magnetischen Anisotropie 88. Dies bedeutet, daß die Schlitten in den Richtungen liegen, in denen die Änderung der Permeabilität am größten ist. Aus diesem Grunde bewirkt die Vorsehung der geneigten Schlitten einen anisotropen Effekt, der sich aus der Konfiguration ergibt. Weil diese Anisotropie zur einaxialen magnetischen Anisotropie 88 hinzu kommt, wird die Änderung der Permeabilität noch größer, was bedeutet, daß die Meßgenauigkeit sich dementsprechend vergrößert. Es wird auch darauf hingewiesen, daß ein höherer Grad der Ausgangsempfindlichkeit erhalten wird, weil die von dem magnetischen, amorphen Film eingenommene Fläche größer ist als diejenige, die durch herkömmliche, rechteckig geformte Filme eingenommen wird, und daß selbst bei der Vorsehung der Schlitten die gesamte pfeilähnliche Beschaffenheit der vorgeschriebenen Breite aufrechterhalten wird, so daß dieselbe Verbesserung im Hinblick auf die betriebliche Wirksamkeit als ein Ergebnis der durch die Flansche 18, 18, die als Positionierungsführungen an dem zylindrischen Teil dienen, ermöglichte Positionierung bei der Befestigung erhalten wird. Die Kurve der Fig. 11 zeigt das Ergebnis eines Testes, bei dem der Drehmomentsensor gemäß der zweiten Ausführungsform mit dem zuvor genannten herkömmlichen Drehmomentsensor verglichen wurde. Beim Test betrug die Erregerfrequenz 10 kHz und hatte der Erregerstrom eine Größe von 50 mA und wiesen sowohl die Erregerpule als auch die Detektorspulen 900 Windungen des Spulendrahtes auf, während das Material der Welle, dessen Drehmoment gemessen wurde, aus SUS 304-Stahl bestand.

Die Kurve A zeigt die mit dem erfindungsgemäßen Drehmomentsensor erhaltenen Ergebnisse. Die Kurve B zeigt die Ergebnisse, die mit dem herkömmlichen Drehmomentsensor erhalten wurden, der vier Paare von rechtwinkligen, amorphen Streifen aufweist, die direkt an der Welle mit Abständen von 14 mm befestigt waren.

Bei einem ausgeübten Drehmoment von 80 kg-m erzeugte der herkömmliche Drehmomentsensor ein Ausgangssignal von nur 230 mV, während der Drehmomentsensor gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Ausgangssignal von 900 mV erzeugte, wie dies durch die Kurve A dargestellt ist.

Die Fig. 12 zeigt einen modifizierte Version des magnetischen, amorphen Filmes der Fig. 10, bei der zur Erzielung einer vergrößerten Anpassung an die Detektorspulen die Schlitten 98 versetzt und bis zum Rand des magnetischen, amorphen Filmes verlängert sind. Von dieser Modifizierung abgesehen, entspricht die Anordnung derjenigen der zweiten Ausführungsform.

Eine dritte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors ist in der Fig. 13 dargestellt. Die Endbereiche des zylindrischen Teiles 12 sind bei dieser Ausführungsform nicht verjüngt. Sie weisen vielmehr einen konstanten Durchmesser auf. Die Befestigung an der Welle 14 wird unter Verwendung eines keilförmigen, sich verjüngenden Ringes 100 erreicht, der auf einer Seite flach ist. Durch diese Anordnung wird die Herstellung des zylindrischen Bereiches erleichtert und wird die Gesamtanzahl der erforderlichen Komponenten verringert. Bei dieser Ausführungsform ist es möglich, die Befestigungswirkung dadurch weiter zu vergrößern, daß der sich verjüngende Ring mit Schlitten 102 versehen wird, wie dies in der Fig. 10c dargestellt ist.

Die Fig. 14 zeigt eine vierte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehmomentwandlers, bei der dem zylindrischen Teil und den Befestigungsringen der Ausführungsformen der Fig. 1 entsprechende Teile zu einem einzigen zylindrischen Teil 104 zusammengefaßt sind. Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform sind Positionierflansche 108, 108 an jedem Ende eines zylindrischen Bereiches 106 zur Befestigung des magnetischen, amorphen Filmes 24 vorgesehen, während die Bereiche außerhalb der Flansche 108, 108 bis zu den entgegengesetzten Enden des zylindrischen Teiles 104 nicht konisch bzw. sich verjüngend, sondern mit einem konstanten Durchmesser ausgebildet sind. Ein Lager 40 und eine Ölabdichtung 42 sind auf jedem dieser Endbereiche aufgesetzt und ein Umhüllungsteil 46 ist darauf drehbar gelagert. Die äußeren Ränder der Endbereiche des zylindrischen Teiles 104 weisen eine Vertiefung mit einem Innengewinde 110 in der Nähe des äußeren Endes auf, worauf ein konischer Bereich bzw. ein sich verjüngender Bereich 112 folgt, der sich fortschreitend nach innen einengt, bis er eine Innenwand erreicht. Das zylindrische Teil 104 wird an der Welle 14, deren Drehmoment gemessen werden soll, durch die Reibungskraft befestigt, die zwischen diesen beiden Teilen entsteht, wenn ein erster konischer bzw. sich verjüngender Ring 114, der zwei keilförmige Flächen aufweist, und ein zweites konisches bzw. sich verjüngendes Teil 116, das eine einzige keilähnliche Fläche (Fig. 14b) aufweist, auf den sich verjüngenden Bereich dadurch gedrückt werden, daß ein mit einem Gewinde versehener Halte- bzw. Sicherungsring 118 in den mit dem Gewinde versehenen Bereich der Vertiefung eingeschraubt wird. An der Stelle der Ringe 114 und 116 kann ein Ring 120 (Fig. 14c) verwendet werden, der durch Zusammenfassung der beiden Ringe 114 und 116 erhalten wird.

Es ist auch möglich, die von den Ringen 114 und 116 aufgebrachte Angriffskraft dadurch weiter zu vergrößern, daß sie mit den in der Fig. 14d dargestellten Schlitten 122 versehen werden. Es ist außerdem zweckdienlich, den Ring 114 (oder 120) mit Gewindelöchern 126 zu versehen, wie dies in der Fig. 14e dargestellt ist, so daß dann, wenn der Ring entfernt werden soll, die Operation durch Drehen der Schrauben 128 in die Löcher 126, bis sie gegen die Innenwand des zylindrischen Teiles 104 anschlagen, erleichtert wird, woraufhin ein weiteres Drehen der Schrauben 128 zu einer Reaktionskraft führt, die dazu neigt, den Ring 114 (120) nach außen und von dem sich verjüngenden Bereich wegzudrücken. Während er durch dieselbe leichte Befestigungsmöglichkeit an der Welle gekennzeichnet ist, wie die früher beschriebenen Ausführungsformen, kann der Drehmomentsensor gemäß der vierten Ausführungsform, der mit der Einrichtung zur Entfernung des Ringes versehen ist, wenn dies nötig ist, auch von der Welle äußerst einfach demontiert werden, wenn er einmal an ihr befestigt ist. Im Hinblick auf ihre anderen Merkmale entspricht die vierte Ausführungsform der ersten Ausführungsform. Das Bezugszeichen 130 (Fig. 14) bezeichnet einen Deckel. Der Ring 114 (120) in der Fig. 14e) kann in eine Mehrzahl von Segmenten unterteilt sein.

Die in der Fig. 15 dargestellte fünfte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensors weist eine weitere Modifikation des zylindrischen Teiles auf, wobei die Länge der zylinderförmigen Endbereiche 132, die sich von den Flanschen nach außen erstrecken, kürzer sind als bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen und wobei die Halte- bzw. Sicherungsringe und die zugeordneten Gewinde weggelassen sind. Ein erster konischer bzw. sich verjüngender Ring 134 und ein zweiter konischer bzw. sich verjüngender Ring 136 werden bei dieser Ausführungsform verwendet. Die Befestigung wird durch die Klemmwirkung erzielt, die erreicht wird, wenn der erste sich verjüngende Ring 134 durch Verschrauben einer Mehrzahl von Klemmschrauben 138 in Gewindelöchern, die in dem Bereich 132 ausgebildet sind, nach innen gedrückt wird, wobei die Schrauben durch glatte Löcher 140 in dem Ring 134 (Fig. 15b) verlaufen. Alternativ ist es auch möglich, einen integrierten Ring 142 zu verwenden, wie er in der Fig. 15c dargestellt ist, den Ring 136 mit Schlitzern zu versehen, wie dies in der Fig. 15d dargestellt ist, einen Ring 134 (oder 142) zu verwenden, der in eine Mehrzahl von Segmenten unterteilt ist, wie dies die Fig. 15e zeigt, oder den Ring 134 (oder 142) zu verwenden, der außerdem mit Gewindelöchern 144 versehen ist, die für eine Aufnahme der Schrauben 146 zur Entfernung des Ringes geeignet sind. Der Aufbau und die Wirkung der Einrichtung zur Entfernung bzw. Demontage sind im wesentlichen mit denjenigen der vierten Ausführungsform identisch.

Während bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen ein magnetisches, amorphes Material für das magnetische Teil verwendet wird, ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Es kann vielmehr auch irgendein anderes Material mit magnetostriktiven Eigenschaften verwendet werden.

Im Zusammenhang mit der Fig. 16 wird nun das Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors erläutert.

Wie dies in der Fig. 16a dargestellt ist, wird der zylindrische Bereich 22 des zylindrischen Teiles der ersten Ausführungsform der Erfindung zuerst mit einer Kupferplattierung 150 versehen bzw. verkupfert, woraufhin eine Lötmetallplattierung erfolgt bzw. ein Lötmetall aufgebracht wird. Die Verkupferung wird vorgesehen, um die Haftung der Lötmetallplattierung 152 bzw. des Lötmetalls zu erleichtern.

Parallel dazu wird ein magnetischer, amorpher Film 24 in einer ähnlichen Weise mit einer Kupferplattierung 154 versehen bzw. mit Kupfer versehen, auf dem eine Lötmetallplattierung 156 bzw. ein Lötmaterial vorgesehen wird (Fig. 16b).

Als nächstes wird gemäß der Fig. 16c der magnetische, amorphe Film 24 auf das zylindrische Teil 12 aufgewickelt, wobei die mit dem Lötmetall versehenen Flächen einander zugewandt sind. Der magnetische, amorphe Film 24 weist eine allgemeine Pfeilform auf und seine Abmessungen sind so bestimmt, daß die Pfeilspitze dann, wenn er einmal auf das zylindrische Teil 12 aufgewickelt ist, in seinen Einschnitt paßt.

Dann wird, wie dies in den Fig. 16d und durch den Schnitt der Fig. 16e entlang der Linie "e-e" dargestellt ist, ein breites, hitzebeständiges bzw. hitzeresistentes Gummiband 158 über dem Bereich des zylindrischen Teiles angeordnet, um den der magnetische, amorphe Film 24 herumgewickelt ist. Die Breite des Gummibandes 158 entspricht derjenigen des magnetischen, amorphen Filmes 24, d.h., daß sie gleich dem gewickelten Bereich (der Entfernung zwischen den Flanschen 18, 19)

ist. Dies hat zur Folge, daß der gewickelte Bereich über seiner gesamten Fläche einen gleichmäßigen Druck aufnimmt.

Als nächstes wird, wie dies in der Fig. 16f dargestellt ist, das zylindrische Teil 12 mit dem darauf vorgesehenen Gummiband 158 dadurch erhitzt, daß es in einem Hochtemperaturbehälter 160 belassen wird. Die Temperatur in dem Hochtemperaturbehälter 160 wird durch eine Temperatur-Steuereinheit 162 derart gesteuert, daß sie in einem Bereich von 280 bis 300°C gehalten wird. In diesem Temperaturbereich wird der magnetische, amorphe Film 24 nicht verschlechtert. Die Erhitzung in dem Behälter wird während etwa 5 bis 10 min. ausgeführt. Da die Erhitzung in dem Behälter durchgeführt wird, während die miteinander zu verbindenden bzw. zu verklebenden Flächen aufeinander gepreßt werden, bewegt sich das geschmolzene Lötmetall in alle Spalten, die zwischen dem zylindrischen Teil 12 und dem amorphen Film vorhanden sind. Das Material, das keine auszufüllenden Spalten vorfindet, wird nach außen herausgedrückt.

Das zylindrische Teil wird dann aus dem Behälter 160 herausgenommen und abgekühlt, wie dies in der Fig. 16g dargestellt ist. Daraufhin wird das Gummiband entfernt. Die Verbindungsoperation ist dann vervollständigt.

Das zylindrische Teil, das den magnetischen, amorphen Film trägt, wird dann mit dem in der Fig. 1 und den nachfolgenden Figuren gezeigten Umhüllungsteil kombiniert, so daß ein vollständig zusammengebauter Drehmomentsensor erhalten wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren durchdringt das geschmolzene Lot bzw. Lötmetall die gesamte Berührungsfläche zwischen dem zylindrischen Teil und dem magnetischen, amorphen Film, so daß keine unverbundenen bzw. unverlöteten Bereiche übrig bleiben, weil das Lot bzw. Lötmetall durch Belassen des zylindrischen Teiles in dem Hochtemperaturbehälter geschmolzen wird, wobei ein gleichmäßiger Druck auf die Verbindungsfläche durch das Gummiband ausgeübt wird. Weil das Lötmetall unter Ausübung des gleichmäßigen Druckes über der gesamten Fläche durch das Gummiband geschmolzen wird, wie dies in der Fig. 16h dargestellt ist, wird der Abstand "w", der die Verbindungsdicke zwischen der Innenfläche des magnetischen, amorphen Filmes 24 und der Außenfläche des zylindrischen Teiles 12 darstellt, auf einem sehr kleinen Wert gehalten, der über der gesamten Befestigungsfläche gleichmäßig ist. Als Ergebnis besteht keine Ursache dafür, daß zwischen dem zylinderförmigen Teil 12 und dem magnetischen, amorphen Film 24 ein Schlupf besteht oder daß sich Risse bzw. Sprünge in dem magnetischen, amorphen Film 24 ausbilden. Die Gleichförmigkeit dieser Dicke bedeutet auch, daß der Abstand zwischen der Außenfläche des magnetischen, amorphen Filmes 24 und den früher beschriebenen Spulen konstant gehalten wird. Dies führt zu einer verbesserten Meßgenauigkeit des Drehmomentsensors. Außerdem führt das Fehlen irgendwelcher Lücken bzw. Hohlräume im Verbindungsbereich zu einer Verbesserung der Lebensdauer bzw. Haltbarkeit.

Es wurde der folgende Test ausgeführt, um das Betriebsverhalten des erfindungsgemäße hergestellten Drehmomentsensors zu beobachten. Der Drehmomentsensor wurde unter Verwendung eines magnetischen, amorphen Filmes mit einer Breite von 4 cm und eines zylindrischen Teiles, das aus einem nicht magnetischen Material (SUS) bestand und einen Durchmesser von 3

cm und eine Länge von 65 cm aufwies, hergestellt. Diese beiden Teile wurden verkupfert und danach mit einer Lötmetallschicht versehen. Der magnetische, amorphe Film wurde dann auf das zylindrische Teil aufgewickelt und es wurde das Gummiband so aufgebracht, daß es einen Druck von  $2\text{ kg/cm}^2$  auf den magnetischen, amorphen Film ausübte. Das zylindrische Teil wurde dann 10 min. lang in einem Hochtemperaturbehälter belassen. Die Temperatur innerhalb des Behälters wurde auf  $300^\circ\text{C}$  gehalten. Das zylindrische Teil wurde aus dem Behälter entnommen und während 30 min. abgekühlt. Es wurde dann zur Herstellung eines Drehmomentsensors der in der Fig. 2 dargestellten Art verwendet. Der Drehmomentsensor wurde auf einer Welle montiert, deren Drehmoment gemessen werden sollte. Bei der Anfangsmessung ermittelte der Drehmomentsensor das Drehmoment in einem Fehlerbereich von  $\pm 10\%$ . 20 Testzyklen wurden dann ausgeführt, um die Haltbarkeit bzw. Beständigkeit zu beobachten. Der Fehler im letzten Testzyklus betrug  $\pm 10\%$ , was bedeutet, daß keine Verschlechterung beim Gebrauch auftrat. Es wurden keine Sprünge bzw. Risse oder andere Fehler in den verbundenen Flächen beobachtet.

Da der erfindungsgemäße Drehmomentsensor als eine unabhängige Einheit von der Welle, deren Drehmoment gemessen werden soll, getrennt aufgebaut ist, genügt es bei seiner Herstellung, das magnetische Teil auf einem zylindrischen Teil zu befestigen, das sehr viel kürzer ist als die Welle, so daß eine Hauptverbesserung der betrieblichen Wirksamkeit beispielsweise eines Zusammenbauprozesses für ein mit dem Drucksensor ausgerüstetes Automobil erreicht wird. Es werden auch Vorteile im Hinblick auf die Kontrolle der Genauigkeit der Abmessungen der Komponenten, insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung eines gleichförmigen Spaltes zwischen der Fläche des magnetischen, amorphen Materials und den Spulen, erreicht. Dadurch wird es möglich, Drehmomentsensoren mit einer reduzierten Änderung des Betriebsverhaltens von Einheit zu Einheit herzustellen.

Außerdem ermöglicht es das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren, daß das das Drehmoment übertragende Teil und das magnetische Teil aneinander gleichförmig befestigt werden, ohne daß dazwischen irgendwelche unverbundenen Bereiche verbleiben, und daß die Trennung zwischen diesen beiden Teilen auf einen sehr kleinen gleichförmigen Wert über deren gesamte Fläche gehalten wird. Es besteht daher keine Gefahr, daß ein Schlupf zwischen dem magnetischen Teil und dem das Drehmoment übertragenden Teil besteht, so daß sowohl eine Verbesserung im Hinblick auf die Meßgenauigkeit als auch eine längere Lebensdauer erzielt werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die Einzelheiten der beschriebenen Anordnungen beschränkt ist. Vielmehr sind Änderungen und Modifikationen im Rahmen des Schutzbereiches der Patentansprüche möglich.

Die Erfindung betrifft einen Drehmomentsensor 10 mit einem magnetischen Teil 24, dessen magnetostriktive Charakteristiken sich mit der Größe eines angelegten Drehmomentes ändern, und mit Spulen 70, 74 zur Ermittlung der magnetostriktiven Änderung, die gegenüber dem magnetischen Teil 24 angeordnet sind. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Drehmomentsensors 10. Der Drehmomentsensor 10 weist die Form einer unabhängigen Einheit auf, die von der Welle 14, deren Drehmoment gemessen

werden soll, getrennt ist. Die unabhängige Einheit besteht aus einem zylindrischen Teil 12, an dem das magnetische Teil 24 befestigt ist, und einem Umhüllungsteil 46, das die Spulen 70, 74 aufweist und so montiert ist, daß es das zylindrische Teil 12 überdeckt und um dieselbe Achse wie das zylindrische Teil 12 drehbar ist. Beim Verfahren zur Herstellung des Drehmomentwandlers 10 werden zunächst ein das Drehmoment übertragendes Teil 12 und ein magnetisches Teil 24, das am Außenumfang des das Drehmoment übertragende Teil 12 befestigt werden soll, verkupfert und danach mit einer Lötmetallschicht versehen. Anschließend wird das magnetische Teil 24 auf das das Drehmoment übertragende Teil 12 gewickelt. Es erfolgt dann ein Verlöten des das Drehmoment übertragende Teiles 12 und des magnetischen Teiles 24 durch Erhitzen dieser Teile, während ein gleichförmiger Druck auf den ganzen gewickelten Bereich ausgeübt wird.

FIG. 1

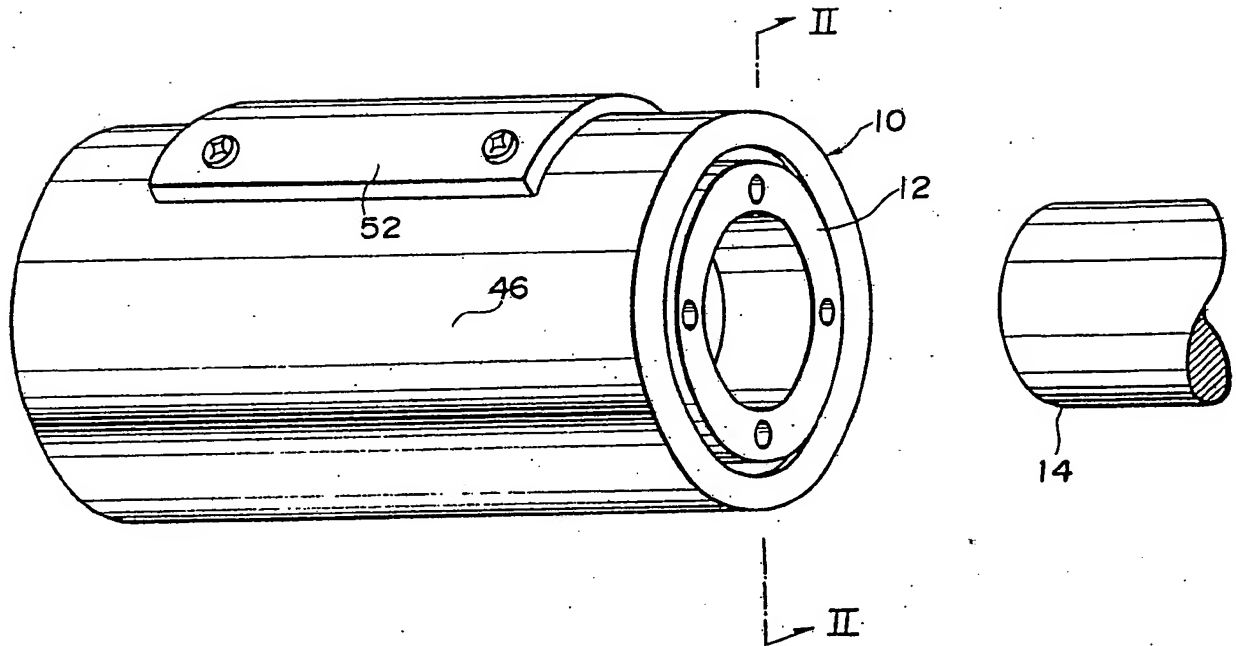
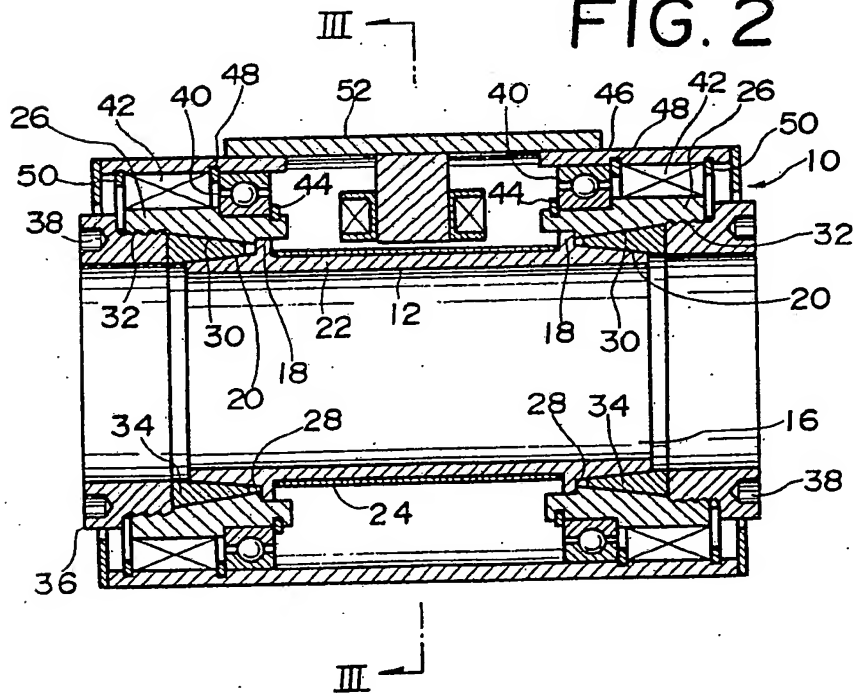


FIG. 2





02-03-87

3760719

FIG. 3

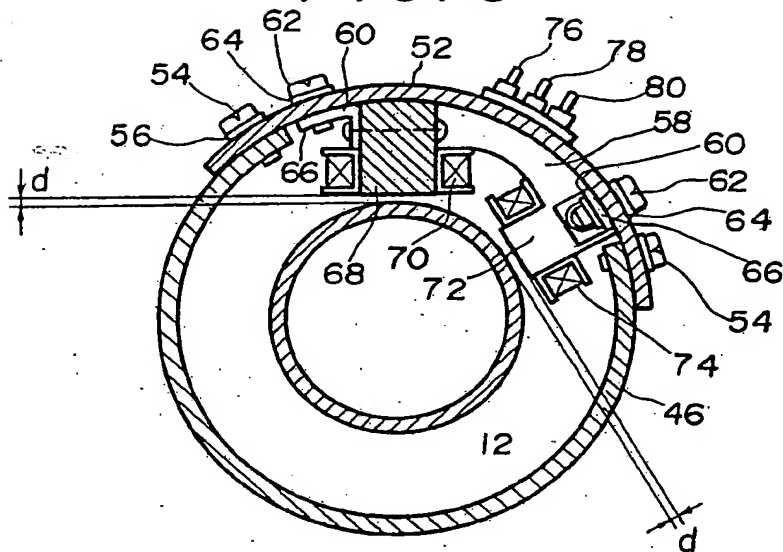
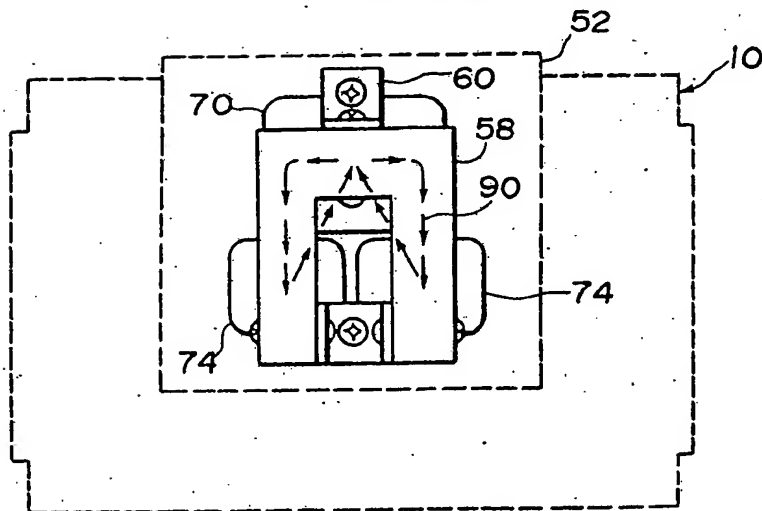
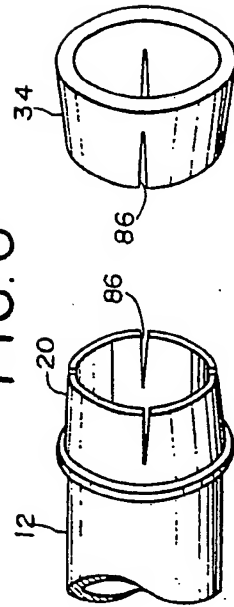
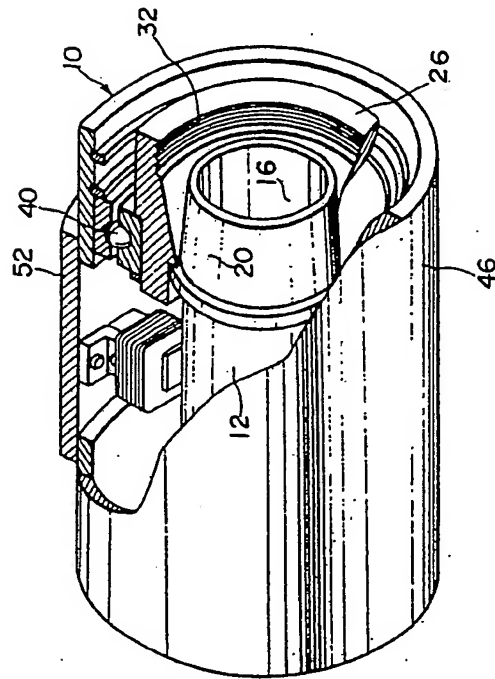
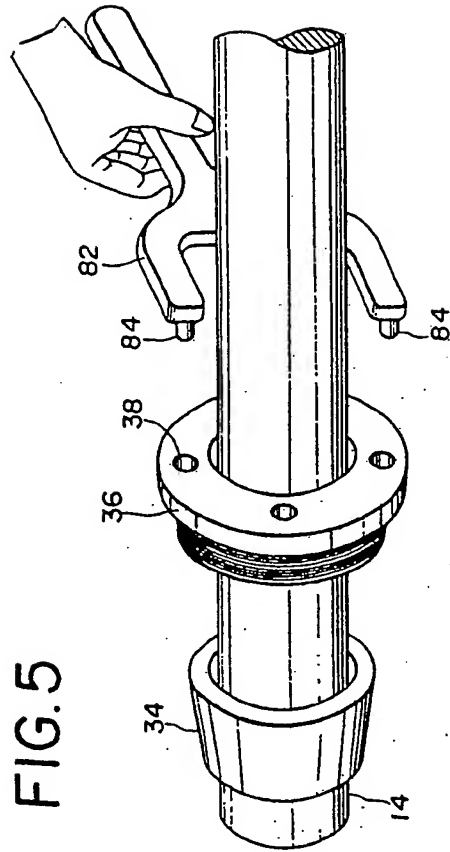


FIG. 4



02-03-87

3760719





02-03-87

3760719

FIG. 7

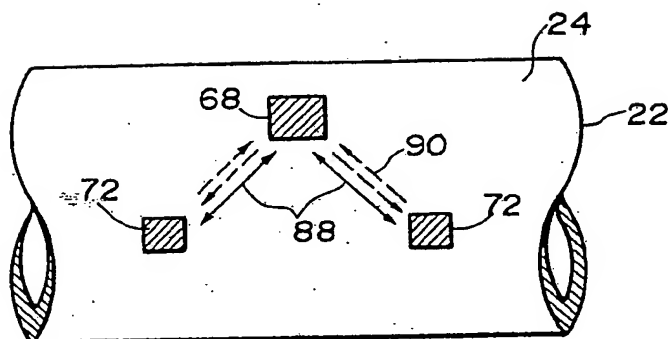
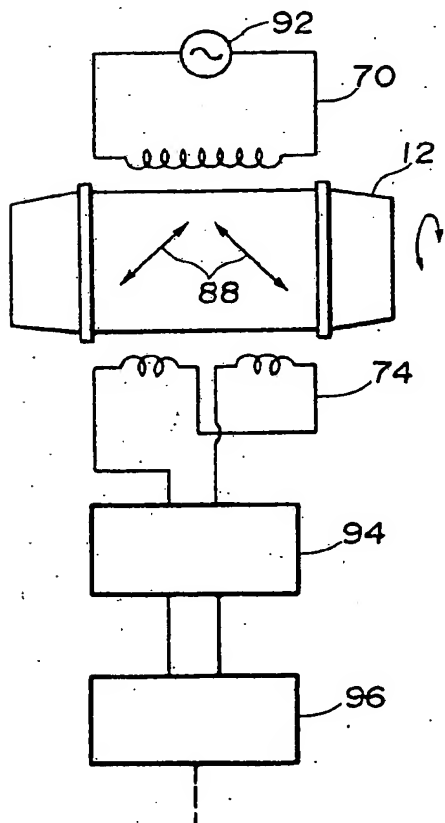


FIG. 8



02-03-87

3760719

FIG. 9

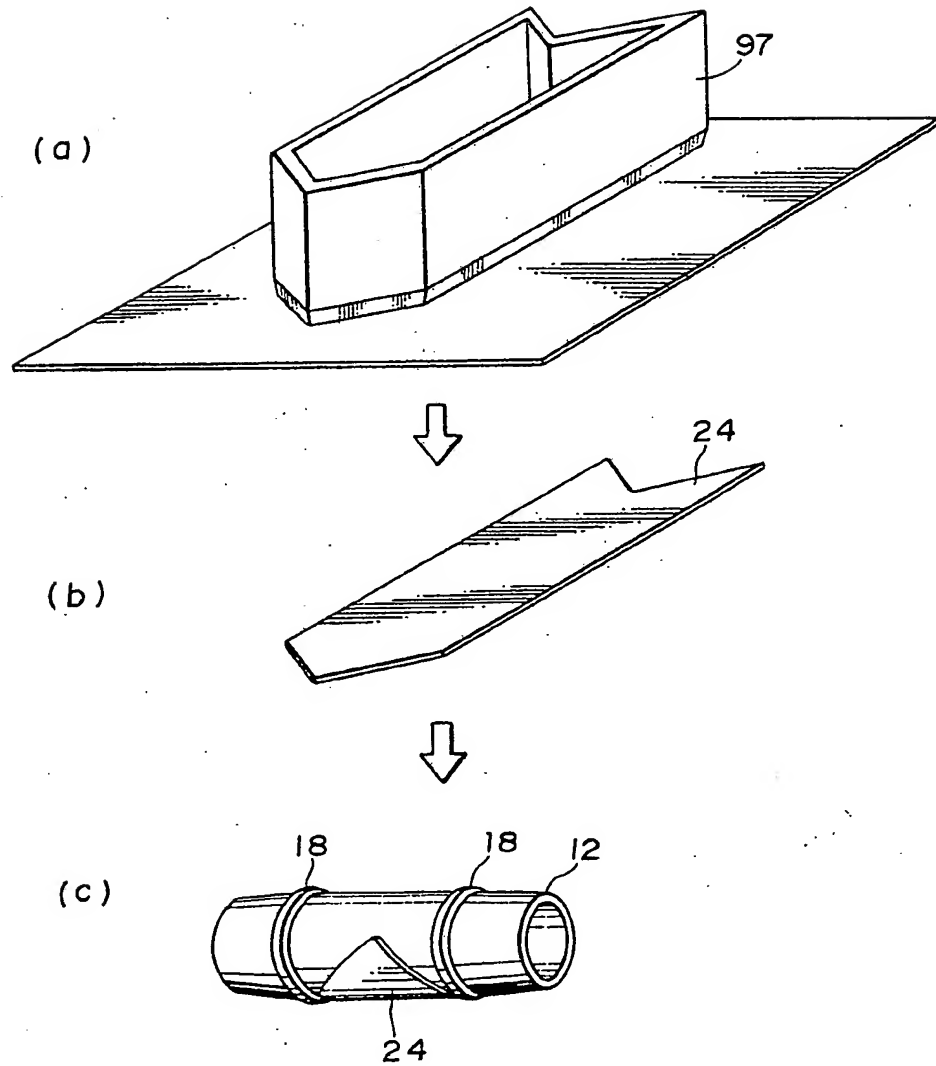
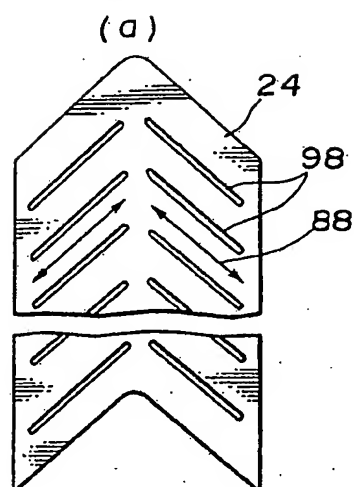


FIG. 10



(b)

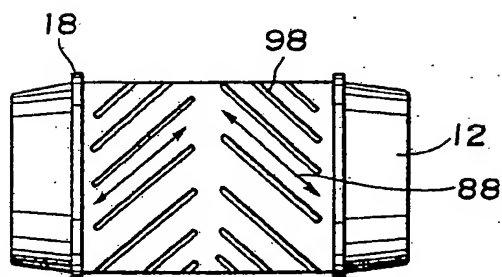
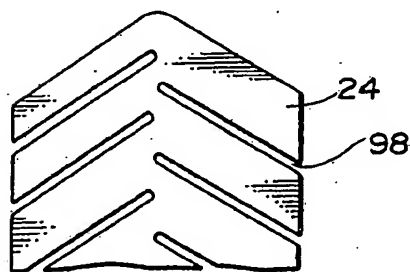


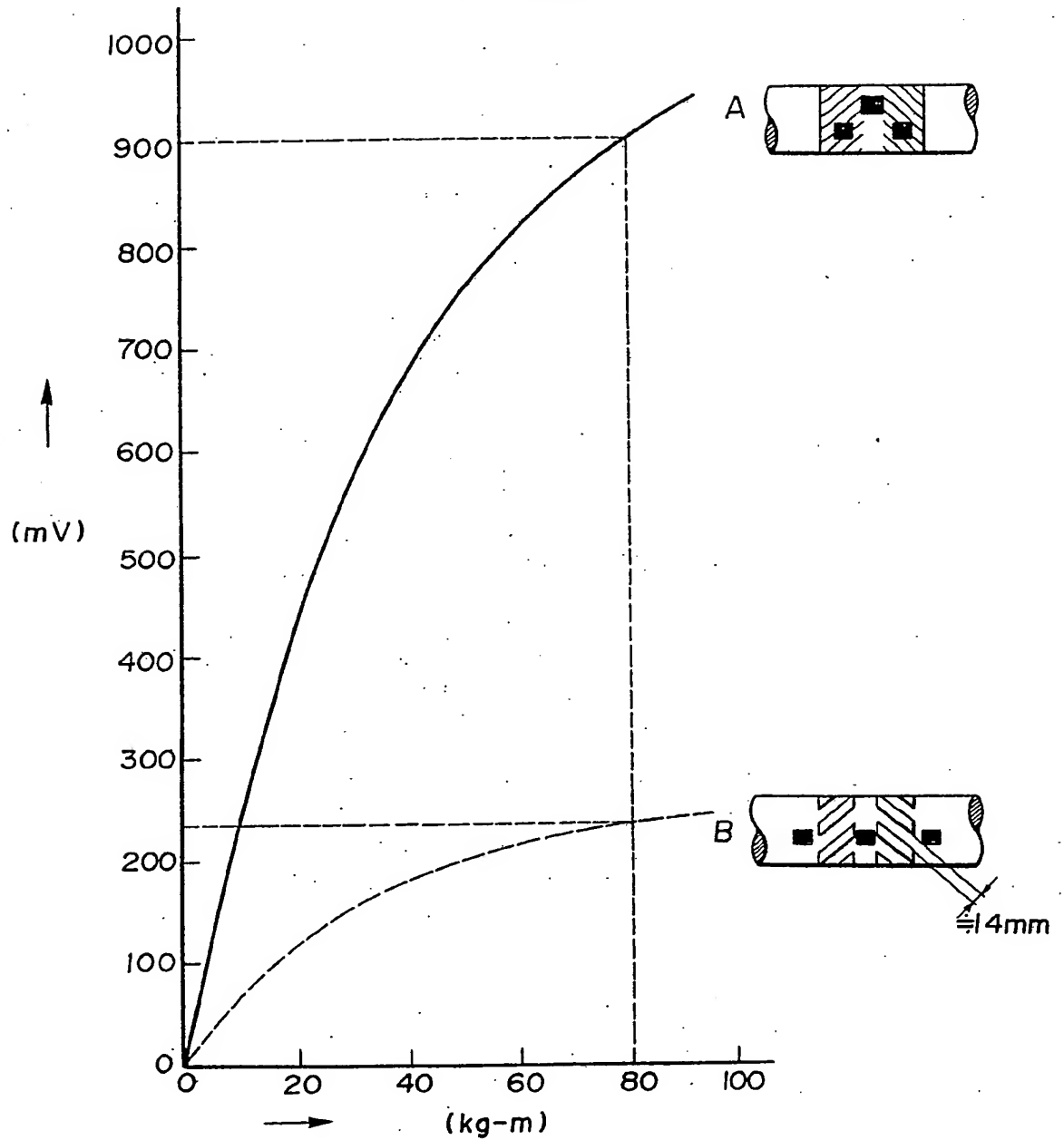
FIG. 12



02-03-87

3760719

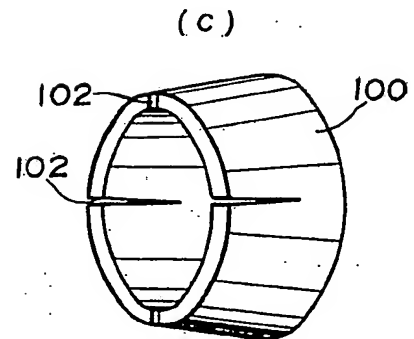
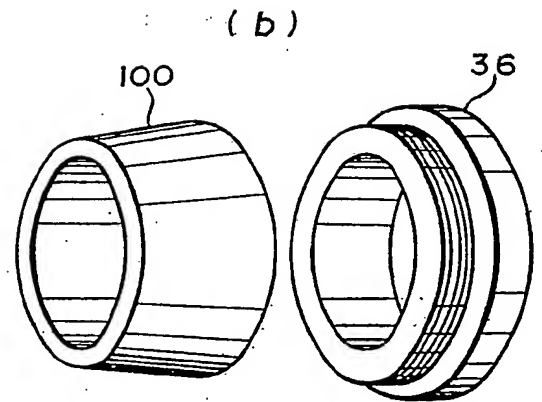
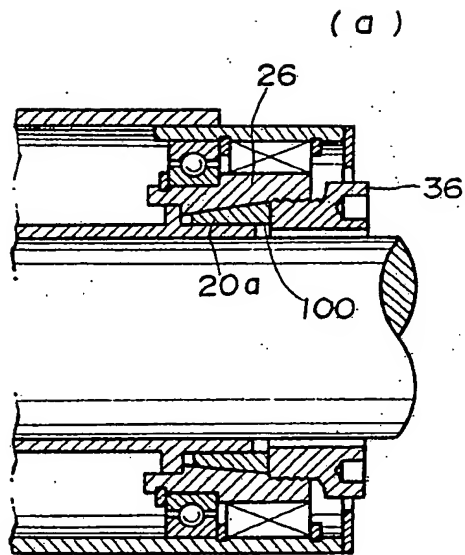
FIG. II



02-03-87

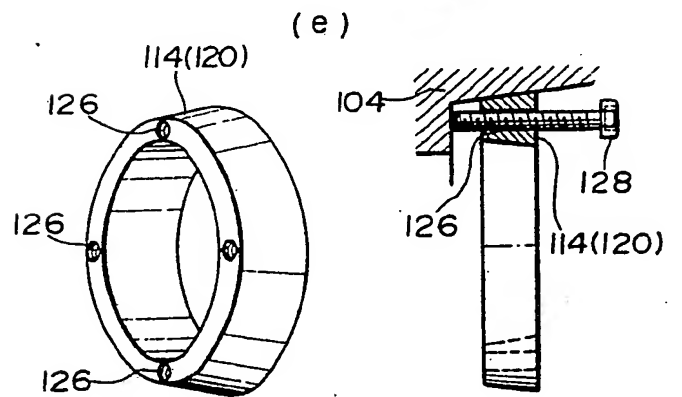
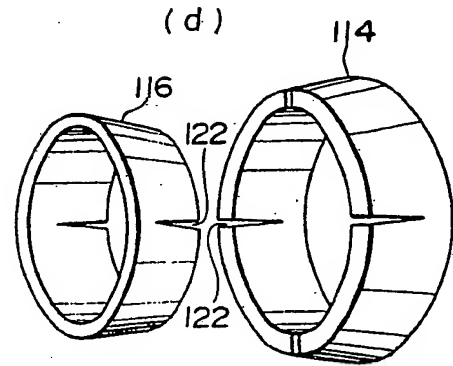
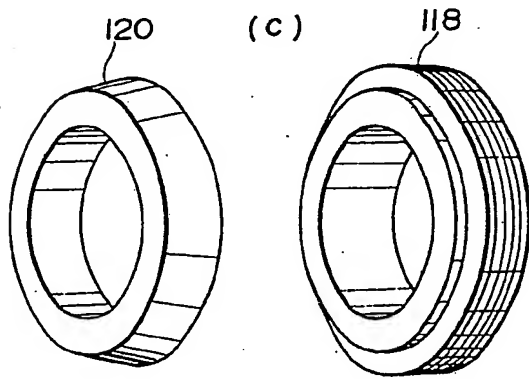
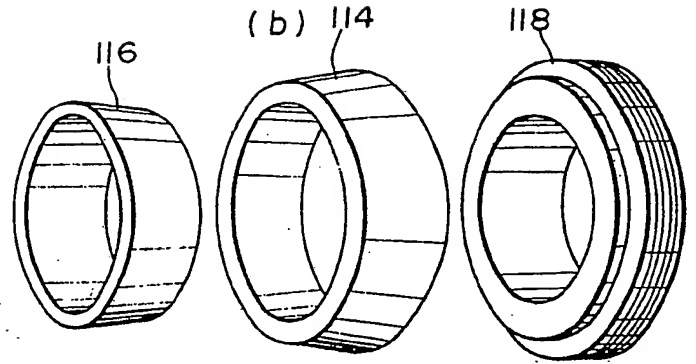
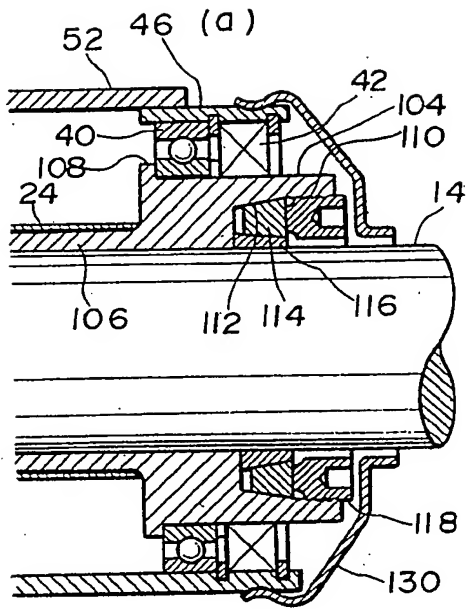
3760719

FIG. 13



3760719

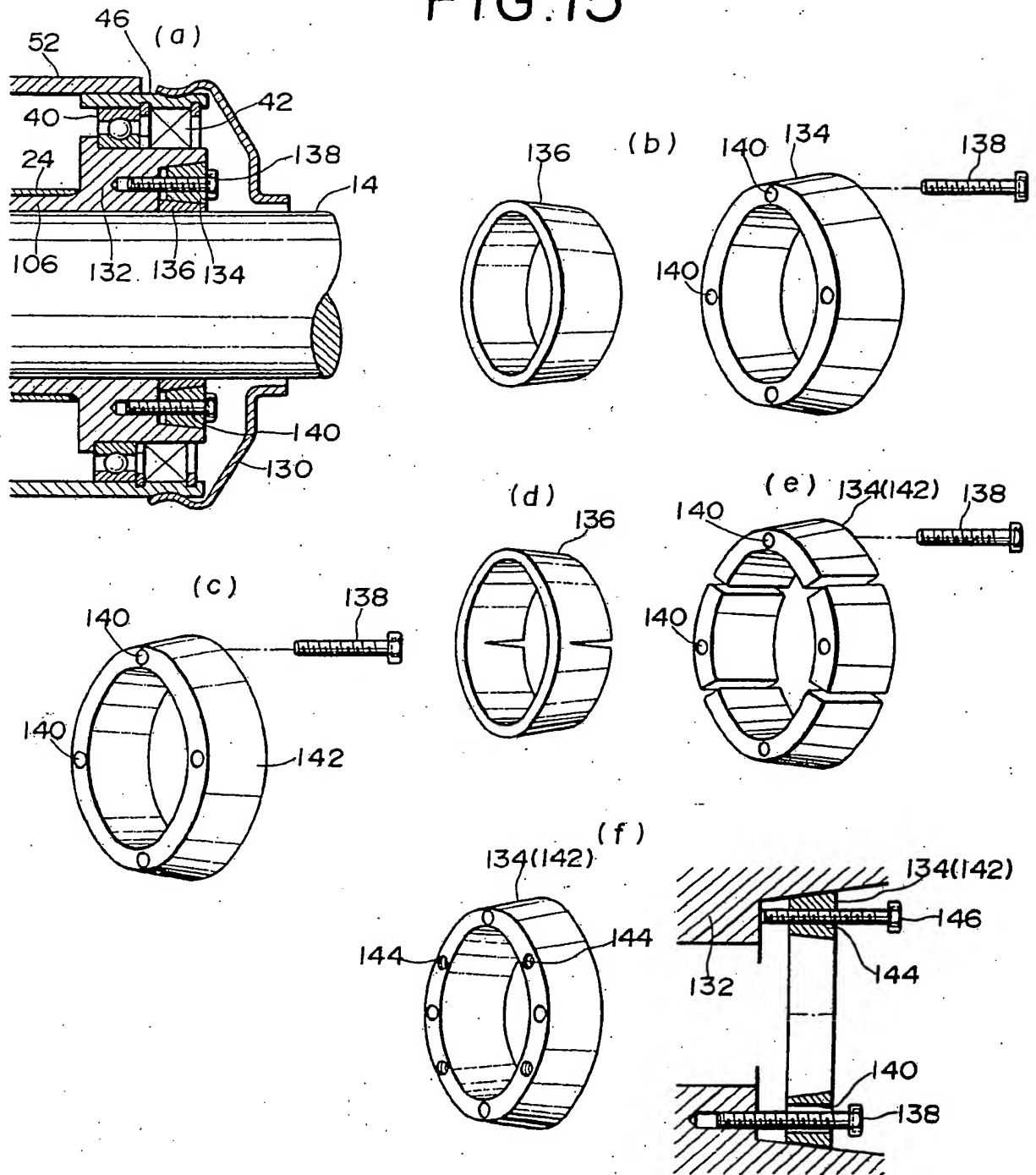
FIG. 14



02-03-87

3760719

FIG. 15



3760719

FIG. 16

